

05.2;06

©1994

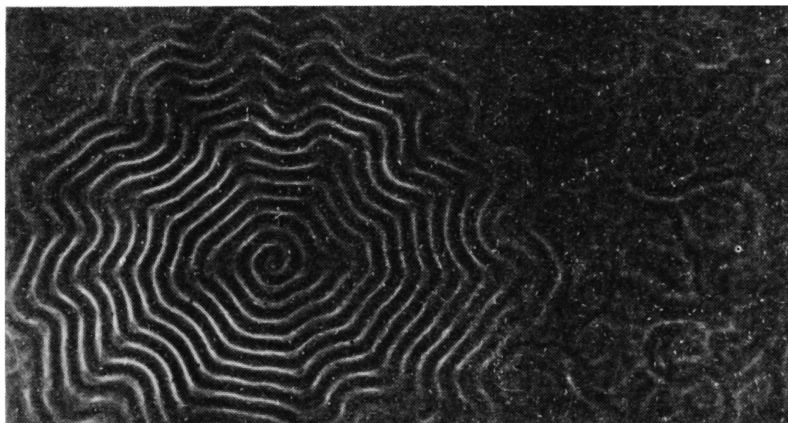
ЭФФЕКТ “МИГАЮЩЕЙ” ПЕТЛИ ГИСТЕРЕЗИСА В АНГЕРНОМ СОСТОЯНИИ ПЛЕНОК ФЕРРИТОВ–ГРАНАТОВ

Г.С.Кандаурова, В.Х.Осадченко

Ангерное состояние (типа автоволнового) в многодоменных пленках ферритов–гранатов (ФГ) возникает в переменном магнитном поле и характеризуется динамической самоорганизацией. В результате самоорганизации формируются упорядоченные, устойчивые динамические доменные структуры (ДДС) различных конфигураций [1–3]. Ангерное состояние характеризуется также самогенерацией квазиопериодических процессов (появление/исчезновение ДДС). Эти процессы определяют время жизни T_g и время ожидания T_w ДДС [4]. Эти времена могут быть на несколько порядков больше периода переменного поля. В данной работе впервые показано, что возникновение ангерного состояния (АС) в пленках ФГ приводит к специфическому изменению их динамических петель гистерезиса (ПГ), а именно, к появлению петель с “мигающими” верхушками.


Приведем в качестве примера экспериментальные данные для эпитаксиальной пленки (111) феррита-граната $(YLuBi)_3(FeGa)_5O_{12}$. Параметры пленки: толщина 9.5 мкм, намагниченность насыщения $M_s = 11$ Гс, константа одноосной перпендикулярной анизотропии $K_u \approx 7 \cdot 10^{-2}$ эрг/см³, статическое поле насыщения $H_s \approx 70$ Э. Диаметр образца ~ 5 мм. Доменная структура наблюдалась с помощью магнитооптического эффекта Фарадея. Время экспозиции при фотографировании ~ 3 мс. Переменное поле $H(t) = H_c \cdot \sin 2\pi ft$ ориентировалось по нормали к пленке (f — частота изменения поля). Динамические петли гистерезиса измерялись на двухлучевой фарадеевской установке в частотном диапазоне 0–10 кГц. Амплитуда поля варьировалась в пределах 0–270 Э. Освещенная часть образца при измерении ПГ имела диаметр ~ 3 мм. Температура поддерживалась на уровне 25°C.

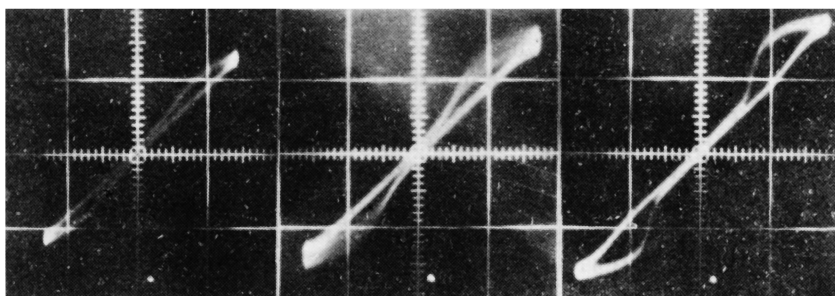
Для выбранного образца АС реализуется в интервале частот $\Delta f \approx 80$ –4000 Гц и амплитуд $\Delta H_0 \approx 37$ –46 Э. В этой области формируются упорядоченные ДДС в виде спиральных доменов (СД) (рис. 1,а). Вокруг СД существует хаотическая структура. Наибольшее количество многовитковых



$\vec{H}_0 \odot \otimes$

α

200 мкм




δ

δ

δ

Рис. 1. Фотографии спиральной ДДС пленки феррита-граната (а) при $f = 2$ кГц и $H_0 = 41$ Э и петель гистерезиса с экрана осциллографа (одно деление по горизонтальной оси равно 25.5 Э) при частоте $f = 2$ кГц и амплитуде H_0 равной: б — 37, в — 41, г — 47 Э.

СД (как на рис. 1, а), со значительными временами жизни T_g (это время могло достигать ~ 10 с) и относительно небольшими T_w наблюдаются при $f \simeq 2$ кГц и $H_0 \simeq 41$ Э. Вне области АС мы наблюдали те же закономерности в изменении формы и площади динамических магнитооптических ПГ при изменении f и H_0 , что и авторы [5]. Однако внутри области АС обнаружился ряд особенностей. На рис. 1, б-г приведены ПГ для $f = 2$ кГц и амплитуд H_0 , соответствующих нижней границе, середине и верхней границе полевого интервала существования АС. В первом и третьем случае

(рис. 1,б,г) ПГ имеют обычный вид. Причины образования гистерезисных участков в вершинах петель известны [5]. Линейная часть ПГ около начала координат указывает на малую коэрцитивную силу образца $H_c \lesssim 1$ Э и отсутствие динамического расширения ПГ. Раскрытые гистерезисные участки в вершинах ПГ связаны с затруднением роста остаточных доменов обратной магнитной фазы (при $H_0 < H_s$) и затруднением зародышеобразования (при $H_0 > H_s$).

При наблюдении на экране осциллографа видно, что ПГ на рис. 1,б,г стабильны во времени. Напротив, у ПГ на рис. 1,в раствор гистерезисных участков у верхушек ПГ время от времени скачкообразно меняется. Эти участки непрерывно пульсируют, “мигают”. За время фотографирования ПГ (~ 2 с) таких “миганий” происходит несколько, поэтому верхушка ПГ на рис. 1,в оказывается “размытой”. Мы могли практически одновременно (с разрывом меньше 1 с) наблюдать ПГ на экране осциллографа и ЛДС в микроскоп. Это позволило однозначно установить следующее.

Когда на освещенной части образца много спиральных доменов, то уменьшаются раствор ПГ по оси Y (намагниченность) и площадь петли (необратимые потери энергии). Такой же эффект дает появление одного многовиткового СД большой площади (как на рис. 1,а). Квазипериодическое возникновение/исчезновение СД вызывает сужение/расширение ПГ с той же частотой.

Обратим внимание на то, что на фотографии (рис. 1,в) “размывается” нисходящая ветвь ПГ, а восходящая остается резкой. Опыт показывает, что до амплитуд $H_0 \lesssim 30$ Э петля носит линейный безгистерезисный характер. Раскрытие верхушек ПГ появляется при H_0 , близких к нижней границе АС (рис. 1,б). По-видимому, с этих полей становится существенным вышеуказанный механизм магнитного гистерезиса (при $H_0 < H_s$), который проявляется именно на нисходящей ветви верхушки ПГ. Поскольку “мигание” ПГ связано с этой частью петли, то естественно предположить, что задержка роста обратной магнитной фазы провоцирует образование СД.

На рис. 2 представлена динамическая кривая намагничивания $\frac{M(H_0)}{M_s}$, построенная по предельным значениям координат верхушек ПГ, и зависимость площади ПГ от амплитуды переменного поля — $S(H_0)$ при $f = 2$ кГц. На той и другой кривой четко видны аномалии, как раз соответствующие полювому интервалу АС при этой частоте. Если “провал” на кривой $\frac{M(H_0)}{M_s}$ составляет $\sim 12\%$, то площадь ПГ уменьшается почти в три раза. Можно ожидать, что эти цифры значительно увеличатся в случае формирования СД с размером,

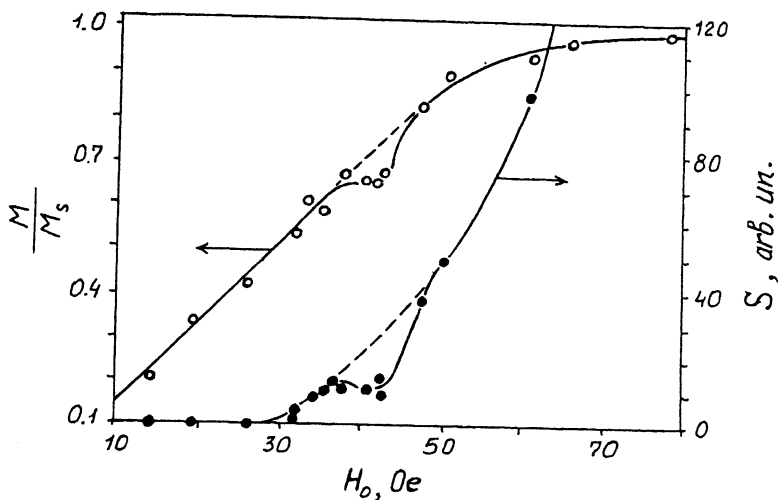


Рис. 2. Динамическая кривая намагничивания $\frac{M(H_0)}{M_s}$ и зависимость площади петли гистерезиса S от H_0 пленки феррита-граната при $f = 2$ кГц.

равным освещенной части образца. Таким образом, путем формирования упорядоченной ДДС неравновесная динамическая система магнитных доменов "сбрасывает" часть накапливаемой энергии.

Эффект "мигающей" петли гистерезиса и соответствующие особенности в динамической кривой намагничивания наблюдались и на других пленках ФГ. Физическое обоснование новому эффекту можно дать на основе идей и экспериментальных результатов, приведенных в [6].

Авторы благодарят А.Я.Червоненкиса за предоставленные для исследований пленки ферритов-гранатов и А.Н. Спирину за помощь в работе.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Фонда фундаментальных исследований (грант 93-02-16340).

Список литературы

- [1] Кандаурова Г.С., Свицерский А.Э. // Письма в ЖТФ. 1988. Т. 14. В. 9. С. 777-780.
- [2] Кандаурова Г.С., Свицерский А.Э. // Письма в ЖЭТФ. 1988. Т. 47. В. 8. С. 410-412.
- [3] Кандаурова Г.С., Червоненкис А.Я., Свицерский А.Э. // ФТТ. 1989. Т. 31. В. 6. С. 238-243.

- [4] *Кандаурова Г.С., Свидерский А.Э.* // ЖЭТФ. 1990. Т. 97. В. 4. С. 1218-1229.
- [5] *Дикштейн И.Е.* и др. // ЖЭТФ. 1991. Т. 100. В. 5(11) С. 1606-1626.
- [6] *Кандаурова Г.С., Иванов Ю.В.* // ФММ. 1993. Т. 76. В. 1. С. 49-60.

Уральский государственный
университет им. А.М.Горького
Екатеринбург

Поступило в Редакцию
2 августа 1994 г.
